

地震時における医療施設内の什器の挙動解析

正会員
同○荻野 弘明*¹
磯部 大吾郎*²什器
ペナルティ法挙動解析
E-ディフェンス

ASI-Gauss 法

1. 緒言

今後、想定される首都直下地震などの大地震が発生した際、医療施設は什器の破損や故障、薬品棚の転倒などにより本来の機能を保持できず、医療活動に大きな支障が出るのが懸念されている。一般的に医療施設内には、利便性の観点からキャスター付什器が多数存在するため、キャスターの固定状態が震災後の医療施設の機能保持に大きな影響を及ぼす可能性が高いと考えられる。そこで本研究では、キャスター付什器の固定状態の違いが挙動にどのような影響を及ぼすのかを数値解析によって調べることを目的とする。解析手法としてはペナルティ接触理論に基づく接触アルゴリズムを ASI-Gauss 法¹⁾に導入した転倒挙動解析コード²⁾を用い、キャスターの固定状態を考慮した医療施設内の什器の挙動解析を行った。

2. 解析モデル

表-1 に示す諸元のもと重くて動きにくい什器として手術台、軽くて動きやすい什器として電気メスをモデル化した。手術台は高さを自由に換えられることから、表-1 に示すように最低位 520[mm]、中位 760[mm]および最高位 1000[mm] (以下、H520、H760、H1000 と表記) の 3 通りで解析を行った。また、各什器モデルの下部には正方形の平面で表現されたキャスターを 4 ヶ所設置した。

手術室として、図-1 に示す壁の有無を考慮した 2 種類の解析モデルを作成した。床と壁の変形が什器の挙動に影響を及ぼすことを防ぐために、床と壁は高剛性の弾性体であるはり要素でモデル化し、はり要素の色を灰色で表現した。

3. 解析条件

3.1 入力加振波

防災科学技術研究所では、2008 年度に医療施設を模擬した実大の建物に対する加振実験を行った³⁾。本研究では、実験で什器の激しい移動や転倒の危険性が確認された 2 種類の加振波を用いることとした。1 つ目に、耐震構造に短周期地震

動である JMA 神戸波 80% を 3 軸方向に入力した際に、手術室で観測された床応答加速度 (以下、耐震-短周期と表記) を利用した。この加振波は図-1(a) に示す壁無しモデルに入力した。2 つ目に、免震構造に長周期地震動である三の丸波 100% を水平 2 軸方向に入力した際に、手術室で観測された床応答加速度 (以下、免震-長周期と表記) を利用した。この加振波の場合、共振現象によって什器の大きな移動が予想されるため、図-1(b) に示す壁有りモデルに入力した。

3.2 キャスターの固定条件

本研究では、キャスターの車輪回転部と首振り部の固定状態を変化させ、挙動解析を行った。

車輪回転部の固定状態は、車輪が回転する状態 (以下、回転フリーと表記) とロックにより回転しない状態 (以下、回転ロックと表記) を検討した。これらの固定状態は動摩擦係数の大小によって表現した。

首振り部の固定状態は、首振り部が自由に回る状態 (以下、首振り自由と表記) と固定により回らない状態 (以下、首振り固定と表記) を検討した。これらの固定状態を表現する上で、キャスターの方向を考慮する必要があるため、図-2 に示す什器に固定された座標系 (以下、什器座標系と表記) を導入した。首振り部の固定状態は什器座標系に対する動摩擦係数の指向性の有無で表現した。

以上に述べた車輪回転部と首振り部の固定状態を考慮し、表-2 に示す計 7 通りの固定条件で解析を行った。完全回転フリー (ARF) は 4 ヶ所すべてのキャスターを回転フリーにした状態、完全回転ロック (ARL) は 4 ヶ所すべてのキャスターを回転ロックにした状態とする。そして、対角回転ロック (2PRL) は対角に位置する 2 ヶ所のキャスターを回転ロックにした状態とする。なお、キャスターの動摩擦係数は文献⁴⁾⁵⁾の中に記されている静止摩擦係数の値を参考にして設定した。

表-1 各什器の諸元

		手術台	電気メス
寸法 [mm]	H	520 (H520) 760 (H760) 1000 (H1000)	880
	W	1950	450
	D	500	390
重量 [kg]	M	テーブルトップ: 73	本体: 14.5
		コラム: 250	架台: 15

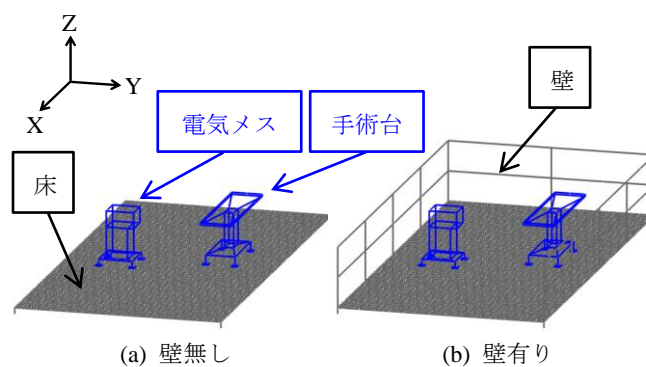


図-1 手術室の解析モデル

4. 解析結果

ここでは、解析結果より得られた、各固定条件における水平方向への移動量の最大値および鉛直方向への変位量の最大値に関する考察を述べる。図-3 に電気メスの解析結果、図-4 に手術台の解析結果を示す。図中の黒色のプロットは耐震-短周期の結果、赤色のプロットは免震-長周期の結果を表している。鉛直方向への変位量は、転倒の可能性を示すデータとして見る事ができる。

電気メスの場合、図-3(a)より完全回転フリー（ARF）と対角回転ロック（2PRL）においては大きく移動する傾向がみられ、完全回転ロック（ARL）においては比較的移動量を抑制できることが確認された。また、図-3(b)よりどの固定条件においても、ロッキングは生じにくいことが確認された。以上より、電気メスのような軽くて動きやすい什器は車輪の回転のロックが地震対策として有効であることが確認された。

手術台の場合、図-4(a)より水平方向への移動量の最大値（耐震-短周期）に関しては、電気メスと同様の傾向が見られた。一方、免震-長周期ではどの固定条件においても、移動量は極めて少ない結果となった。ロッキングに関しては耐震-短周期の場合、図 4-(b)より手術台の重心の位置が最も高くなる H1000 のとき、完全回転ロックにおいて大きくロッキングする可能性があることを確認した。以上より、手術台のような重くて動きにくい什器は車輪の回転のロックだけでは地震対策として不十分であると考えられる。

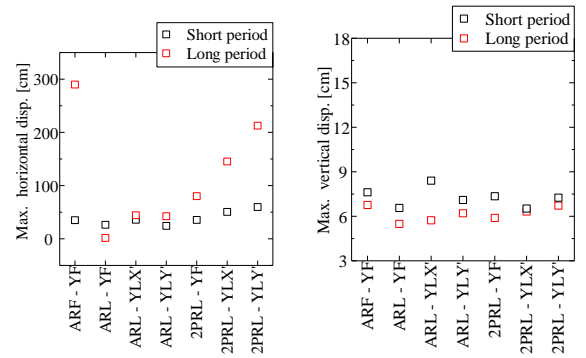
5. 結言

本研究においては、地震動の種類と建物の構造の種類を組

み合わせが地震時の什器の挙動に大きく影響することが実験と同様に確認された。さらに、キャスターの固定状態や什器の重心の高さが地震時の什器の移動量や転倒のしやすさに大きく影響することがわかった。今後、医療施設に対し、キャスター付什器の固定状態を考慮した地震対策について明確に示す必要があると考えられる。

参考文献

- 磯部 大吾郎, チョウ ミヨウ リン: 飛行機の衝突に伴う骨組鋼構造の崩壊解析, 日本建築学会構造系論文集, 第579号, 2004, pp.39-46.
- 賀 鐘輝, 磯部 大吾郎, 金子 美香, 堀 宗朗: ASI-Gauss法を用いた家具の転倒挙動解析, 計算工学講演会論文集, Vol.17, 2012.
- 独立行政法人防災科学技術研究所「ASEBI」: 重要施設の耐震実験, <https://www.edgrid.jp/datas>
- 佐藤 栄児, 酒井 久伸, 福山 國夫, 古川 幸, 鎌田 崇義, 寛 淳夫, 小林 健一, 井上 貴仁, 中島 正愛: 医療施設の機能保持性能を検証するための実大震動台実験 震災時における都市施設の安全性・機能性評価, 日本建築学会構造系論文集, 第650号, 2010, pp.771-780.
- 金子 美香, 丑場 英温, 西谷 隆之, 小倉 賢人, 西谷 章, 松井 智沙, 川崎 志保理: 透析室および手術室内の医療機器の振動台実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2013, pp.669-670.



(a) 水平方向への移動量の最大値 (b) 鉛直方向への変位量の最大値

図-3 電気メスの解析結果

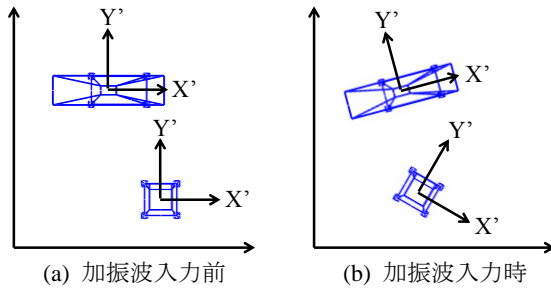
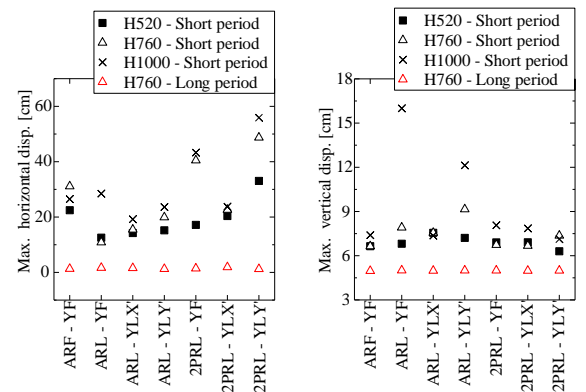


図-2 什器座標系の概念図

表-2 キャスターの固定条件

	手術台		電気メス	
	μ_x	μ_y	μ_x	μ_y
ARF - YF 完全回転フリー - 首振り自由	0.40	0.40	0.015	0.015
ARL - YF 完全回転ロック - 首振り自由	0.65	0.65	0.25	0.25
ARL - YLX' 完全回転ロック - 首振り固定 - X'方向に滑りにくい	0.65	0.50	0.25	0.10
ARL - YLY' 完全回転ロック - 首振り固定 - Y'方向に滑りにくい	0.50	0.65	0.10	0.25
2PRL - YF 対角回転ロック - 首振り自由	Free	0.40	0.40	0.015
	Lock	0.65	0.65	0.25
2PRL - YLX' 対角回転ロック - 首振り固定 - X'方向に滑りにくい	Free	0.40	0.40	0.015
	Lock	0.65	0.50	0.25
2PRL - YLY' 対角回転ロック - 首振り固定 - Y'方向に滑りにくい	Free	0.40	0.40	0.015
	Lock	0.50	0.65	0.10



(a) 水平方向への移動量の最大値 (b) 鉛直方向への変位量の最大値

図-4 手術台の解析結果

*1: 筑波大学大学院システム情報工学研究科 大学院生

*2: 筑波大学教授 博（工）

*1: Graduate Student, Univ. of Tsukuba

*2: Division of Eng. Mech. and Energy, Univ. of Tsukuba, Dr. Eng.